

**OPTICAL SCANNER**

Patent Number: JP2109011  
Publication date: 1990-04-20  
Inventor(s): KUBOTA YOJI; others: 01  
Applicant(s): SANKYO SEIKI MFG CO LTD  
Requested Patent: ☐ JP2109011  
Application Number: JP19880261334 19881019  
Priority Number(s):  
IPC Classification: G02B26/10; G02B3/06  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PURPOSE:**To reduce or prevent the ununiformity of the spot diameter on the scanning surface by using a special convex miniscus lens having a special toric surface as a field curvature correction surface on a deflecting device side, as an image forming lens placed on the deflecting device side of a second lens group.

**CONSTITUTION:**A second lens group for bringing a luminous flux deflected by a rotary polygon mirror 4 forming an image in a shape of a spot on the scanning surface 7 is constituted of image forming lenses 51, 52, and provided with an ftheta characteristic as the whole second lens group. As for the image forming lens 51, the surface of its incident side constitutes a special toric surface of a shape obtained by rotating a shape given by an edge line 51A around a rotary axis RX, and has a negative radius of curvature in the main scanning direction and has a positive radius of curvature in the sub-scanning direction. Also, power in the sub-scanning direction decreases as it is separated from an optical axis in the main scanning direction, therefore, the bending of an image in the sub-scanning direction as the whole second lens group can be corrected, and the fluctuation of a spot shape on the scanning surface 7 can be reduced or prevented effectively.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

P1 TRANSLATION 2-109011  
2 (19) JAPANESE PATENT OFFICE (JP)  
3 (12) LAID-OPEN PATENT APPLICATION (A)  
4 (51) INT. CL. : G 02 B 26/10 3/06  
5 ID MARK: D  
6 JAPANESE PAT. OFFICE No. 7348-2H 7036-2H  
7 (11) LAID-OPEN PATENT APPLICATION  
8 No. HEI. 2-109011  
9 (43) LAID-OPEN on: April 20, 1990  
10 No. OF INVENTIONS: 2  
11 REQ. FOR EXAM. : NO  
12 (7 PAGES (Japanese))  
13 -----  
14 (54) TITLE OF THE INVENTION: Light scanning apparatus  
15 (21) APPLICATION No. : SHO. 63-261334  
16 (22) FILING DATE: October 19, 1988  
17 (72) INVENTOR: Youji KUBOTA  
18 c/o KABUSHIKI KAISHA SANKYO SEIKI SEISAKUJYO  
19 5329 Shimosuwamachi, Suwa-gun, Nagano-ken  
20 (72) INVENTOR: Toshiyuki INOUE  
21 c/o NISSHIN KOUKI KABUSHIKI KAISHA YAMANASHI KOJYO  
22 200 Wakamiko, Sutamacho, Kitakoma-gun,  
23 Yamanashi-ken  
24 (71) APPLICANT: KABUSHIKI KAISHA SANKYO SEIKI SEISAKUJYO  
25  
26 5329 Shimosuwamachi, Suwa-gun, Nagano-ken  
27

2 -----

3

# SPECIFICATION

4

## 5 TITLE OF THE INVENTION

6

Light scanning apparatus

7

## 8 CLAIMS:

9

1. A light scanning apparatus comprising a light  
source, a first lens group for imaging a beam from the  
light source as a line image extending in a direction  
corresponding to main-scanning, a deflecting device,  
having a plurality of deflecting surfaces, for  
deflecting the beam about a position adjacent the line  
image formed by said first lens group, and a second  
lens group, disposed between the deflecting device and  
a surface to be scanned, for imaging the deflected  
beam as a spot on the surface to be scanned,

wherein said second lens group comprises two  
or more imaging lenses; one of said imaging lenses  
disposed at the deflecting device side is a special  
convex meniscus lens having a field curvature  
correcting surface at the deflecting device side; said  
second lens group as a whole has a  $f\theta$  property and  
has a function of imaging the deflected beam on a  
surface to be scanned with respect to the main scan  
direction and to provide a substantially conjugate

P3 relation between the imaging position of the line  
2 image formed by said first lens group and the surface  
3 to be scanned, and  
4 wherein said field curvature correcting  
5 surface has a special toric surface and has a  
6 geometrically negative radius of curvature with  
7 respect to the main scan direction, and has a surface  
8 configuration provided by rotating, about an axis  
9 parallel with the main scan direction adjacent a  
10 surface to be scanned beyond the special toric  
11 surface, a configuration defined by a general equation  
12 of aspherical surface.

13

14 2. An optical scanning apparatus according to  
15 Claim 1, wherein a radius of curvature R on the  
16 optical axis in a configuration of said special toric  
17 surface as seen in the sub-scan direction, and a focal  
18 length f of said second lens group satisfy:

19  $0.3 < | R/f | < 1.0.$

20

21 DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

22 (APPLICABLE FIELD OF INDUSTRY)

23 The present invention relates to a light  
24 scanning apparatus.

25 (PRIOR ART)

26 A light scanning apparatus is well-known  
27 which comprises a light source, a first lens group for

P4 imaging a beam from the light source as a line image  
2 extending in a direction corresponding to  
3 main-scanning, a deflecting device, having a plurality  
4 of deflecting surfaces, for deflecting the beam about  
5 a position adjacent the line image formed by said  
6 first lens group, and a second lens group, disposed  
7 between the deflecting device and a surface to be  
8 scanned, for imaging the deflected beam as a spot on  
9 the surface to be scanned.

10           In such an optical scanning apparatus, in  
11 order to prevent the variation, in the sub-scan  
12 direction, of the main-scanning position, attributable  
13 to the mechanical error in the deflecting device, that  
14 is, so-called surface tilting, the second lens group  
15 comprises an imaging lens having a  $f\theta$  function and a  
16 cylindrical lens disposed between the imaging lens and  
17 the deflecting device, so that, in the main scan  
18 direction, the deflected beam is imaged on the surface  
19 to be scanned, and in the sub-scan direction, the  
20 imaging position of a line image formed by the first  
21 lens group and the surface to be scanned are made  
22 substantially conjugate with each other (Japanese  
23 Patent Application Publication Sho 52- 28666, for  
24 example).

25 (PROBLEM TO BE SOLVED)

26           Such a light scanning apparatus involves the  
27 following problems.

P5            In Figure 6, designated by reference numeral  
2 1 is a semiconductor laser, and reference numeral 2 is  
3 a collimator lens. These elements constitute a light  
4 source and provide a substantially parallel beam. The  
5 substantially parallel beam from the light source is  
6 imaged as a line image LI which is elongated in a  
7 direction corresponding to the main-scanning by the  
8 cylindrical lens 3 constituting the first lens group.

9            A rotatable polygonal mirror depicted by a  
10 reference numeral 4 functions as a deflecting device  
11 and has a plurality of deflecting surfaces, and it  
12 deflects the beam with the center of deflection  
13 adjacent the line image LI.

14           In Figure 6, designated by reference numeral  
15 5 is an is an imaging lens, and reference numeral 6 is  
16 a cylindrical lens. The imaging lens 5 and the  
17 cylindrical lens 6 constitute a second lens group.  
18 The deflected beam from the rotatable polygonal mirror  
19 4 is imaged in the form of a spot on the surface to be  
20 scanned 7 by the second lens group and scans the  
21 surface to be scanned 7. The direction in which the  
22 spot moves is the main scan direction. The direction  
23 perpendicular to the main scan direction in the  
24 surface to be scanned 7 is the sub-scan direction.

25           The second lens group functions to provide a  
26 conjugate relation between the imaging position of the  
27 line image LI and the surface to be scanned in the

P6 sub-scan direction. Therefore, in the sub-scan  
2 direction, an image of the line image is formed on the  
3 surface to be scanned 7 by the second lens group.

4           On the other hand, the deflected beam  
5 incident on the second lens group remains a parallel  
6 beam with respect to main scan direction, and the  
7 second lens group provides a conjugate relation  
8 between the infinity position in the object side and  
9 the position of the surface to be scanned 7 with  
10 respect to the main scan direction.

11           In order to acquire such an anamorphic  
12 property, the second lens group has to have a stronger  
13 power in the sub-scan direction as compared with that  
14 in the main scan direction. For this reason, the  
15 cylindrical lens 6 does not have power in the main  
16 scan direction but has a positive power in the  
17 sub-scan direction.

18           The imaging lens 5 is a so-called  $f\theta$  lens  
19 having a  $f\theta$  function.

20           Figure 7 is a view of a portion between the  
21 center of deflection of the rotatable polygonal mirror  
22 4 and the surface to be scanned 7, as seen in the  
23 sub-scan direction.

24           When the above-described second lens group is  
25 used, the correction of the astigmatism in the  
26 sub-scan direction is difficult because the power in  
27 the sub-scan direction is stronger than that in the

P7 main scan direction, with the result that as shown in  
2 Figure 7, a locus 8 of the beam imaging point P in the  
3 sub-scan direction is curved in the form of arcuation  
4 toward the second lens group. Then, the deflected  
5 beam is divergent in the sub-scan direction away from  
6 the point P toward the surface to be scanned 7, and  
7 therefore, the diameter of the spot SP on the surface  
8 to be scanned 7 becomes larger in the sub-scan  
9 direction away from the optical axis of the second  
10 lens group in the main scan direction, so that spot  
11 diameter is not uniform in the main scan direction.  
12 For this reason, optical scanning is not possible with  
13 a high resolution exceeding 400dpi.

14           Accordingly, the present invention is made in  
15 consideration of the circumstances, and it is an  
16 object of the present invention to provide a novel  
17 optical scanning apparatus wherein the non-uniformity  
18 of the spot diameter can be effectively reduced or  
19 prevented.

#### 20 (MEANS FOR SOLVING THE PROBLEM)

21           The description will be made as to the  
22 present invention.

23           The optical scanning apparatus comprises a  
24 light source, the first and second lens groups and a  
25 deflecting device.

26           The first lens group functions to focus the  
27 beam emitted from the light source to form a line



P8 image extending in a direction corresponding to the  
2 main-scanning.

3           The deflecting device has a plurality of  
4 deflecting surfaces, and functions to deflect the beam  
5 about a position adjacent the imaging position of the  
6 line image formed by the first lens group.

7           The second lens group is disposed between the  
8 deflecting device and the surface to be scanned, and  
9 functions to focus the deflected beam into a spot on  
10 the surface to be scanned.

11           The second lens group, as shown in Figure 1,  
12 is constituted by imaging lenses 51, 52, and the  
13 entirety of the second lens group has a  $f\theta$  property,  
14 and is effective to image the deflected beam on the  
15 surface to be scanned with respect to the main scan  
16 direction, and is effective to provide a substantially  
17 conjugate relation between the imaging position of the  
18 line image formed by the first lens group and the  
19 surface to be scanned with respect to the sub-scan  
20 direction.

21           The imaging lens 51 which is at the  
22 deflecting device side is a special convex meniscus  
23 lens having a special toric surface at the deflecting  
24 device side.

25           The special toric surface has a configuration  
26 defined by rotating a general formula of aspherical  
27 surface as seen from the sub-scan direction about a

P9 rotational axis which is parallel with the main scan  
2 direction and which is adjacent the scanned surface  
3 beyond the special toric surface.

4           The imaging lens 52 may be constituted by two  
5 or more lenses, if necessary. The lens surfaces other  
6 than the special toric surface in the second lens  
7 group may be an aspherical surface or surfaces.

8           The optical scanning apparatus as defined in  
9 Claim 2 includes the following further feature in  
10 addition to the features of Claim 1. Namely, the  
11 radius of curvature R on the optical axis in the  
12 configuration of said special toric surface as seen in  
13 the sub-scan direction, and the focal length f of said  
14 second lens group satisfy:

15            $0.3 < | R/f | < 1.0$ .

16 (FUNCTION)

17           The inventions as defined in Claims 1 and 2  
18 commonly includes the following features:

19           A first feature is that deflecting device  
20 side imaging lens in the second lens group is a  
21 special convex meniscus lens, and the second feature  
22 is that special toric surface which is a field  
23 curvature correcting surface of the special convex  
24 meniscus lens is disposed closest to the deflecting  
25 device side in the second lens group. The invention  
26 of Claim 2, includes, in addition to the  
27 above-described feature, the feature that special

P10 toric surface satisfies  $0.3 < |R/f| < 1.0$ .

2           Referring to Figure 2, the description will  
3 first be made as to the configuration of the special  
4 convex meniscus lens 51 having the field curvature  
5 correcting surface.

6           In Figure 2, the lenses are shown in a  
7 perspective view with a part of the configuration  
8 omitted. The left side in the Figure is an incident  
9 side, that is, the deflecting device side.

10          The special convex meniscus lens 51, as seen  
11 in the sub-scan direction, is a special convex  
12 meniscus lens having a convex side facing to the  
13 scanned surface side. And, the incident side surface  
14 thereof constitutes a special toric surface.

15          The special toric surface has the following  
16 features. As seen in the sub-scan directing  
17 direction, the configuration of the special toric  
18 surface is given by a ridge line 51A of the special  
19 toric surface, and the configuration of the ridge line  
20 is expressed by a general formula of an aspherical  
21 surface. Therefore, the configuration includes a  
22 circle shape as a special case.

23          The special toric surface has a configuration  
24 provided by rotating the line defined by the ridge  
25 line 51A about a rotational axis RX.

26          The rotational axis RX is perpendicular to  
27 the optical axis and is parallel with the main scan

P11 direction, and it is disposed adjacent the surface to  
2 be scanned beyond the special toric surface, that is,  
3 the righthand side area in Figure 2. As a result,  
4 when the field curvature correcting lens 51 is cut  
5 along a plane parallel both to the optical axis and  
6 the sub-scan direction, the configuration of the cut  
7 end of the special toric surface is arcuate. The  
8 radii of the circles providing the arcuations  
9 (indicated by broken lines in the Figure) are minimum  
10 on the optical axis, and increases away from the  
11 optical axis in the main scan direction.

12           Thus, the special toric surface geometrically  
13 has a negative radius of curvature in the main scan  
14 direction and has a positive radius of curvature in  
15 the sub-scan direction. And, the power in the  
16 sub-scan direction decreases away from the optical  
17 axis in the main scan direction. Therefore, the field  
18 curvature of the entirety of the second lens group in  
19 the sub-scan direction can be corrected.

20           The surface of the special convex meniscus  
21 lens 51 adjacent the surface to be scanned may be a  
22 spherical surface or an aspherical surface which has  
23 an axial symmetry configuration, and therefore, the  
24 special convex meniscus lens 51 is a convex meniscus  
25 lens with respect to the main scan direction, and is a  
26 special convex lens, with respect to the sub-scan  
27 direction, which has different powers depending on the

P12 position in the main scan direction. In a specific  
2 embodiment which will be described hereinafter, the  
3 surface of the special convex meniscus lens 51  
4 adjacent the surface to be scanned is formed into an  
5 aspherical surface, but the aspherical surface  
6 function may be assigned to one surface of the imaging  
7 lens 52 so as to replace the function of the surface  
8 of the lens 51 adjacent the surface to be scanned.

9           If, however, the surface of the special  
10 convex meniscus lens 51 adjacent the surface to be  
11 scanned is an aspherical surface, as in this  
12 embodiment, conditions relating to the aspherical  
13 surface of the lens can be concentrated on the special  
14 convex meniscus lens 51 together with those of the  
15 above-described special toric surface, and therefore,  
16 as compared with the case in which one of the surfaces  
17 of the imaging lens 52 is aspherical surface, the  
18 optical axis adjustment of the scanning optical system  
19 is easy, so that optical characteristic can be  
20 stabilized.

21           The description will be made as to the  
22 significance of disposing the special toric surface  
23 for the field curvature correction at a position  
24 closest to the deflecting device in the second lens  
25 group.

26           Figure 9 shows the optical system of the  
27 optical scanning apparatus shown in Figure 6, which is

P13 expanded along the optical system.

2           In order to effect a good optical scanning  
3 operation, it is necessary that spot configuration of  
4 the scanning light is stabilized in the main- and  
5 sub-scan directions as described hereinbefore. The  
6 spot configuration may desirably circular or close to  
7 a circular shape. In consideration of the fact that  
8 spot is formed by a beam waist, in order to realize  
9 the substantially circular spot configuration, it is  
10 necessary that converging tendencies of the beam  
11 condensing on the surface to be scanned 7, in the  
12 main-scanning and sub-scan directions, are  
13 substantially equal to each other, in other words,  
14 that exit pupils NA of the second lens group for the  
15 converging beam in the main- and sub-scan directions  
16 are substantially equal to each other.

17           In Figure 9, since the cylindrical lenses 3,  
18 6 have no power in the main scan direction, the  
19 imaging relationship between the semiconductor laser 1  
20 and the surface to be scanned 7 is as shown by the  
21 solid line. On the other hand, in the sub-scan  
22 direction, since the cylindrical lenses 3, 6 have  
23 powers, the imaging beam between the semiconductor  
24 laser 1 and the surface to be scanned 7 is as  
25 indicated by hatching when the NAs in the main- and  
26 sub-scan directions are equal as described above. It  
27 will be understood that in order to satisfy the

P14 condition that NAs in the main- and sub-scan direction  
2 are equal, the beam has to be restricted in the  
3 sub-scan direction as indicated by the hatching in  
4 Figure 9. However, doing so will reduce the usage of  
5 light.

6 In order to increase the usage of light is  
7 increased by avoiding this problem, the focal length  
8 of the cylindrical lens 3 may be increased to an  
9 extent equivalent to the focal length of the second  
10 lens group. However, if this is done, the optical  
11 scanning apparatus is upsized.

12 Figure 5 shows the optical scanning apparatus  
13 expanded along the optical path. In this Figure, the  
14 second lens group is indicated as a single lens 50.

15 In this invention, the anamorphic property of  
16 the second lens group is realized by the special  
17 convex meniscus lens, and the special convex meniscus  
18 lens is disposed close to another imaging lens at the  
19 deflecting device side, and in addition, the special  
20 toric surface is closest to the deflecting device 4.  
21 Therefore, the focal length of the second lens group  
22 at the object side in the sub-scan direction can  
23 easily be made substantially equal to the focal length  
24 of the cylindrical lens 3. And, the light usages in  
25 the main- and sub-scan directions can be made  
26 substantially equal to each other while the exit pupil  
27 diameter NA of the second lens group is uniform over

P15 the main- and sub-scan directions as shown in the  
2 Figure. Thus, the usage of light is significantly  
3 improved over a prior art system without increasing  
4 the size of the optical scanning apparatus.

5 The description will be made as to the  
6 condition, in Claim 2, that is:

7 
$$0.3 < | R/f | < 1.0$$

8 Here, R is a radius of curvature, on the  
9 optical axis, of a configuration of the special toric  
10 surface as seen in the sub-scan direction, and f is a  
11 focal length of the second lens group.

12 The condition determines a practical range of  
13 the field curvature correction in the sub-scan  
14 direction. If the lower limit is exceeded, the  
15 correction of the field curvature is excessive with  
16 the result that field curvature increases in the  
17 positive direction. If the upper limit is exceeded,  
18 the correction of the field curvature is not  
19 sufficient. Accordingly, the range is practical.

20 When the imaging lens of the second lens  
21 group at the surface adjacent the surface to be  
22 scanned is a single lens, the radius of curvature r3  
23 of the incident side lens surface on the optical axis  
24 and the radius of curvature r4 of the emergent side  
25 lens surface on the optical axis, desirably satisfy:

26 
$$1.0 < | r4/f | < 2.0.$$

27 This condition is concerned with the  $f \theta$



P16 property and field curvature, and if the lower limit  
2 is exceeded, the negative distortion remarkably  
3 decreases, and therefore, the  $f\theta$  property is not  
4 sufficient. If the upper limit is exceeded, the  
5 negative distortion remarkably increases, with the  
6 result that no sufficient  $f\theta$  property can be  
7 provided, and the image surface is curved toward the  
8 negative side to an impractical extent. Therefore, it  
9 is desirable to satisfy the condition from the  
10 practical standpoint.

11 [Embodiment]

12 Two detailed examples will be described.

13 In implementing the embodiments, the light  
14 source and the first lens group may be a combination  
15 of a known light source device emitting a focal beam  
16 and a cylindrical lens having positive power, for  
17 example, a combination disclosed in Japanese Patent  
18 Application Publication Sho 52-2866.

19 In the following embodiments, only the data  
20 of the second lens group which constitutes the  
21 characterizing portion.

22 In each of the embodiments, as shown in  
23 Figure 1, the second lens group is constituted by the  
24 imaging lenses 51, 52.

25 As shown in Figure 1, the radii of curvatures  
26 of the respective surfaces are  $r_0$ ,  $r_{1x}$ ,  $r_{1y}$ ,  $r_{2x}$ ,  $r_{2y}$ ,  
27  $r_3$ ,  $r_4$  from the deflecting device 4 side, and the

P17 surface clearances are  $d_0$ ,  $d_1$ –  $d_4$ . Suffix "X" in the  
 2 radii of curvatures indicates those in the main scan  
 3 direction, and "Y" indicates those in the sub-scan  
 4 direction.

5 In each of the embodiments,  $j=1$  indicates  
 6 field curvature correcting lens,  $j=2$  indicates  
 7 imaging lens, and  $n_j$  are refractive indices of the  
 8 materials of the lenses.

#### 9 Example 1

10

11	i	$r_{1x,y}$	$d_1$	j	$n_j$	material
12	0	$\infty$	44.44			
13	1x	-90.500	12.00	1	1.486	acrylic resin
14	1y	28.370				
15	2*	-69.200	1.00			
16	3	265.000	15.00	2	1.486	acrylic resin
17	4	-288.610	180.433			

18

19  $R/f=r_{1x}/f=-0.5027$ ,  $r_4/f=-1.34756$ ,  $f=180.00$

20

21 In this embodiment, the configuration of the special  
 22 toric surface in the main scan direction, that is, the  
 23 configuration of the special toric surface as seen in  
 24 the sub-scan direction, is arcuate with a radius of  
 25 curvature  $r_{1x}=-90.500$ , and the radius of curvature of  
 26 the special toric surface on optical axis in the  
 27 sub-scan direction is  $r_{1y}=28.370$ .

P18            The emergent side lens surface of the imaging  
 2 lens 51 (the surface with asterisk) is an aspherical  
 3 surface, which is expressed by a known aspherical  
 4 surface formula, as follows:

$$\begin{aligned} 5 \quad X = & \{ (1/r)^2 Y^2 \} / [1 + \sqrt{1 - (1+k) (1/r)^2}] \\ 6 \quad & + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} \end{aligned}$$

7            Where the conical constant k, the high order  
 8 non-spherical coefficients A, B, C, D are:

$$\begin{aligned} 9 \\ 10 \quad k = & -2.14921 \cdot 10^{-1} \\ 11 \quad A = & -1.50645 \cdot 10^{-8}, \quad B = 1.83680 \cdot 10^{-11} \\ 12 \quad C = & -6.36010 \cdot 10^{-15}, \quad D = 5.97836 \cdot 10^{-18} \end{aligned}$$

13  
 14            Figure 3 shows aberration diagrams of  
 15 Embodiment 1.

16  
 17            Example 2

18						
19	i	r1x,y	d1	j	nj	material
20	0	$\infty$	44.44			
21	1x*	-90.500	12.00	1	1.486	acrylic resin
22	1y	28.370				
23	2*	-69.200	1.00			
24	3	294.027	15.00	2	1.486	acrylic resin
25	4	-242.561	176.465			

26  
 27             $R/f = r1x/f = -0.5027$ ,  $r4/f = -1.34756$ ,  $f = 180.00$

P19            In this embodiment, the configuration of the  
2 special toric surface in the main scan direction, that  
3 is, the configuration of the special toric surface as  
4 seen in the sub-scan direction, is expressed by an  
5 aspherical surface formula, and the radius of  
6 curvature of the special toric surface in the sub-scan  
7 direction on the optical axis is  $r_{1y} = 28.370$ .

8            The lens surface of the special convex  
9 meniscus lens 51 at the emergent side (with the  
10 asterisk) is aspherical surface.

11           K, A, B, C, D defining the non-spherical  
12 configuration are as follows:

13           The configuration of the special toric  
14 surface in the main scan direction:

15

16            $k = -8.33806 \cdot 10^{-1}$

17            $A = 6.27800 \cdot 10^{-9}, \quad B = 7.11586 \cdot 10^{-11}$

18

19           Emergent side lens surface of the special  
20 convex meniscus lens

21

22            $k = -2.90892 \cdot 10^{-1}$

23            $A = 1.57882 \cdot 10^{-8}, \quad B = 6.95998 \cdot 10^{-11}$

24            $C = 1.51338 \cdot 10^{-15}, \quad D = 5.60359 \cdot 10^{-18}$

25

26           Figure 4 shows aberration diagrams of  
27 Embodiment 2.

## P20 (ADVANTAGEOUS EFFECT OF THE INVENTION)

2           As described in the foregoing, a novel  
3 optical scanning apparatus can be provided. In the  
4 optical scanning apparatus, the second lens group has  
5 a field curvature correcting surface, and the field  
6 curvature correcting surface corrects the field  
7 curvature in the sub-scan direction, and therefore,  
8 the variation of the spot configuration on the surface  
9 to be scanned can be effectively reduced or prevented.  
10 Accordingly, it is usable for optical scanning with  
11 high resolving power such as 400- 800dpi.

12           In addition, the field curvature correcting  
13 surface is disposed at a position closest to the  
14 deflecting device, the second lens group can be  
15 downsized, so that light usage can be remarkably  
16 improved without upsizing the apparatus.

17           As regards a lens surface other than the  
18 special toric surface as with Embodiments 1 and 2, by  
19 employing an aspherical surface at an emergent side of  
20 the special convex meniscus lens, the imaging lens 52  
21 may be a single spherical lens so that alignment of  
22 the second lens group can be simplified.

23           These and other objects, features and  
24 advantages of the present invention will become more  
25 apparent upon a consideration of the following  
26 description of the preferred embodiments of the  
27 present invention taken in conjunction with the

P21 accompanying drawings.

2

3 BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS:

4           Figure 1 illustrates a structure of a lens  
5 which includes the feature of the present invention;  
6 Figure 2 illustrates the characterizing feature;  
7 Figures 3 and 4 are aberration diagrams of the  
8 embodiments; Figure 5 illustrates advantageous effects  
9 of the present invention; Figure 6 through Figure 9  
10 illustrate prior-art and problems involved therein.

11           LI=line image;

12           3= cylindrical lens;

13           52= imaging lens;

14           51= special convex meniscus lens

15

16           Applicant: (223) Kabushiki Kaisha SANKYO SEIKI

17 Seisakusho.

18



第 3 図

SPHERICAL ABERRATION

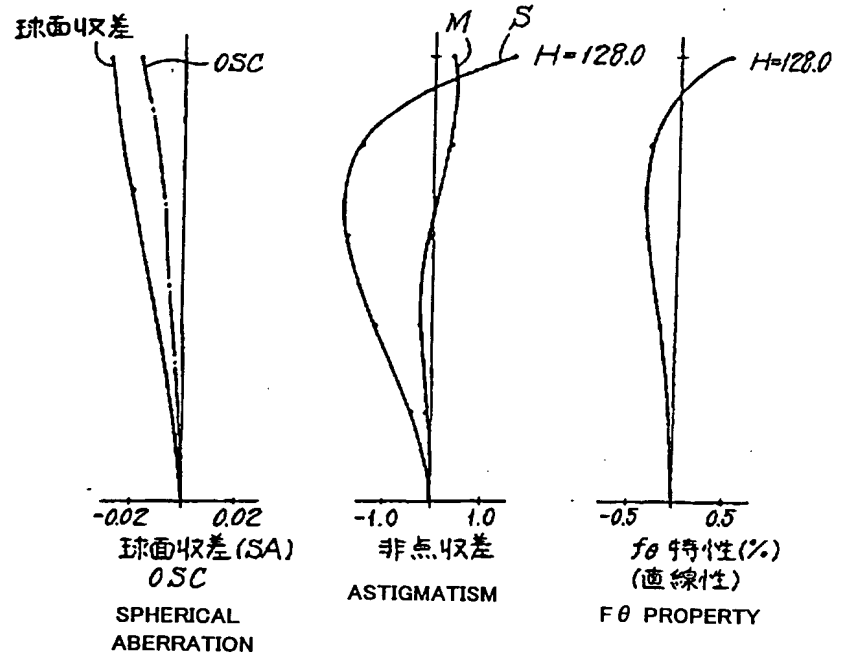


FIG. 3

第 5 図

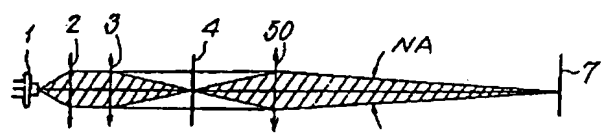


FIG. 5

第 6 図

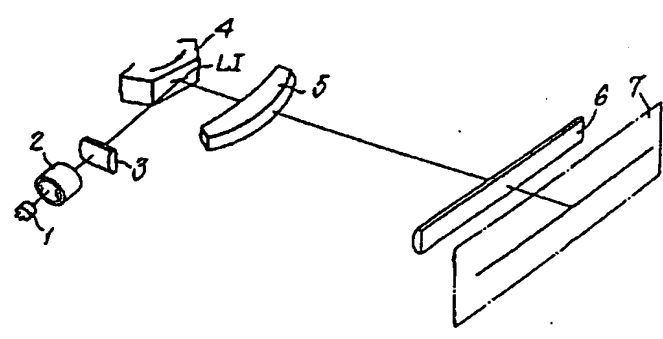


FIG. 6

第 7 図

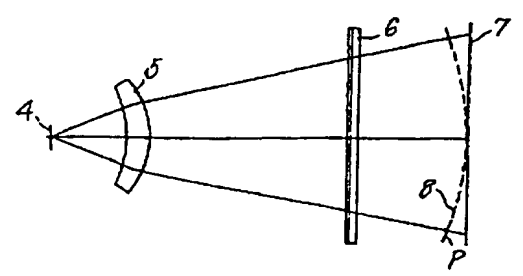


FIG. 7

SUB SCAN

第 8 図

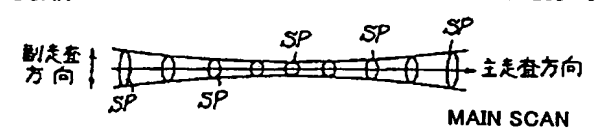


FIG. 8

第 9 図

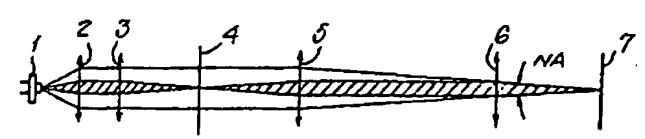


FIG. 9



⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-109011

⑮ Int. Cl.<sup>3</sup>

G 02 B 26/10  
3/06

識別記号

D

庁内整理番号

7348-2H  
7036-2H

⑬ 公開 平成2年(1990)4月20日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全7頁)

⑭ 発明の名称 光走査装置

⑯ 特 願 昭63-261334

⑰ 出 願 昭63(1988)10月19日

⑱ 発 明 者 久 保 田 洋 治 長野県諏訪郡下諏訪町5329番地 株式会社三協精機製作所内

⑲ 発 明 者 井 上 利 幸 山梨県北巨摩郡須玉町若神子200番地 日新工機株式会社山梨工場内

⑳ 出 願 人 株式会社三協精機製作所 長野県諏訪郡下諏訪町5329番地

㉑ 代 理 人 弁理士 渡 辺 秀 治

明 細 書

発明の名称

光 走 査 装 置

特許請求の範囲

光源と、この光源からの光束を主走査対応方向に長い線像に結像させる第1レンズ群と、複数の偏向面を有し上記第1レンズ群による上記線像の近傍を偏向の起点として光束を偏向させる偏向装置と、この偏向装置と走査面との間に配向され偏向光束を走査面上にスポット状に結像させる第2レンズ群とを有し、

上記第2レンズ群は、2枚以上の結像レンズで構成され、上記偏向装置の側に配される結像レンズは偏向装置側に像面湾曲補正面を有する特殊凸メニスカスレンズであり、第2レンズ群全体としてfθ特性を備え、主走査方向に関して偏向光束を走査面上に結像させるとともに副走査方向に関しては上記第1レンズ群による線像の結像位置と走査面とを略共役な関係とする機能を有し、

上記像面湾曲補正面は、特殊トーリック面であ

り、幾何光学的には主走査方向に関しては負の曲率半径を持ち、副走査方向から見た形状が非球面の一般式に従う形状であり、この形状を特殊トーリック面より走査面側にあって主走査方向に平行な回転軸の回りに回転させて得られる面形状であることを特徴とする光走査装置。

2. 請求項1に於いて、

特殊トーリック面を副走査方向から見た形状に於ける光軸上の曲率半径をR、第2レンズ群の焦点距離をfとするととき、これらが

$$0.3 < |R/f| < 1.0$$

なる条件を満足することを特徴とする、光走査装置。

発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、光走査装置に関する。

(従来の技術)

光源と、この光源からの光束を主走査対応方向に長い線像に結像させる第1レンズ群と、複数の偏向面を有し第1レンズ群による上記線像の近傍

を偏向の起点として光束を偏向させる偏向装置と、この偏向装置と走査面との間に配備され偏向光束を走査面上にスポット状に結像させる第2レンズ群とを有する光走査装置は良く知られている。このような光走査装置では偏向装置の機械的な誤差に起因する、主走査位置の副走査方向への変動、即ち所謂面倒れを防止するために、第2レンズ群を、 $f\theta$ 機能を持つ結像レンズと、この結像レンズと偏向装置の間に配されるシリンドリカルレンズとにより構成し、主走査方向に関しては偏向光束を走査面上に結像させ、副走査方向に関しては第1レンズ群による線像の結像位置と走査面とを略共役の関係にすることが行われている（例えば、特公昭52-28668号公報）。

（発明が解決しようとする課題）

このような光走査装置には、以下の如き問題があった。

第6図で、符号1は半導体レーザー、符号2はコリメートレンズを示す。これらは光源を構成し略平行な光束を与える。光源からの略平行な光束

査方向に関しては平行光束のままであり、第2レンズ群は主走査方向に関しては、物体側の無限遠と走査面7の位置とを共役関係とする。

このようなアナモフィックな性格を持つために第2レンズ群は、主走査方向に比して副走査方向のパワーが大きくなければならない。このためシリンドリカルレンズ6は主走査方向にパワーを持たず、副走査方向に正のパワーをもっている。

なお、結像レンズ5は所謂 $f\theta$ レンズであって $f\theta$ 機能を有する。

第7図は、第6図に於ける回転多面鏡4による偏向の起点から走査面7までの間の部分を副走査方向から見た状態を示している。

上記の如き第2レンズ群を用いると、副走査方向のパワーが主走査方向のパワーより大きいため副走査方向での非点収差の補正が困難となり、第7図に示すように、副走査方向での光束結像点Pの軌跡8は円弧状に第2レンズ群側へ湾曲してしまう。すると、上記P点より走査面7側へ向かうにつれて偏向光束は副走査方向に於いて発散性と

は、次いで第1レンズ群をなすシリンドリカルレンズ3により主走査対応方向を長手方向とする潜像LIに結像される。

符号4をもって示す偏向装置としての回転多面鏡は複数の偏向面を有し、線像LIの近傍を偏向の起点として光束を偏向させる。

第6図において、符号5は結像レンズ、符号6はシリンドリカルレンズを示す。これら結像レンズ5、シリンドリカルレンズ6は、第2レンズ群を構成する。回転多面鏡4により偏向される偏向光束は、上記第2レンズ群により走査面7上にスポット状に結像し走査面7を走査する。このときスポットの移動する方向が主走査方向である。また、走査面7上に於いて主走査方向と直交する方向が副走査方向である。

第2レンズ群は、副走査方向に関しては上記線像LIの結像位置と走査面とを略共役の関係としている。従って副走査方向に関しては上記線像の像が、第2レンズ群により走査面7上に結像する。

一方、第2レンズ群に入射する偏向光束は主走

なるから、第8図に多少誇張して示すように、走査面7上のスポットSPは、主走査方向へ第2レンズ群の光軸を離れるに従って副走査方向のスポット径が次第に大きくなってしまい、スポット径が主走査方向に於いて均一にならない。このため400dpi以上のような高分解能の光走査を行うことができない。

本発明は上述した事情に鑑みてなされたものであって、その目的とする所は、上記スポット径の不均一を有効に軽減ないし防止しうる新規な光走査装置の提供にある。

（課題を解決するための手段）

以下、本発明を説明する。

請求項1の光走査装置は、光源と、第1、第2レンズ群と、偏向装置とを有する。

第1レンズ群は、光源からの光束を主走査対応方向に長い線像に結像させるためのレンズ群である。

偏向装置は、複数の偏向面を有し第1レンズ群による線像の結像位置の近傍を偏向の起点として

光束を偏向させる装置である。

第2レンズ群は、この偏向装置と走査面との間に配備され偏向光束を走査面上にスポット状に結像させるレンズ群である。

上記第2レンズ群は第1図に示すように、結像レンズ51,52により構成され、第2レンズ群全体として $f\theta$ 特性を備え、且つ、主走査方向に関して偏向光束を走査面上に結像させるとともに副走査方向に関しては上記第1レンズ群による線像の結像位置と走査面とを略共役な関係とする機能を有する。

上記偏向装置側の結像レンズ51は、偏向装置側に特殊トーリック面を持つ特殊凸メニスカスレンズである。

上記特殊トーリック面は、副走査方向から見た形状が非球面の一般式に従う形状であり、この形状を特殊トーリック面より走査面側にあって主走査方向に平行な回転軸の回りに回転させて得られる面形状である。

結像レンズ52は、これを必要に応じて2枚以上

を満足する。

ここで、先ず上記像面湾曲補正面を持つ特殊凸メニスカスレンズ51の形状に付き、第2図を参照して説明する。

第2図で各レンズはその形状の一部を切り欠かれた状態で斜視図的に示されている。図の左側が入射側即ち偏向装置側である。

特殊凸メニスカスレンズ51は、副走査方向から見ると、走査面側に凸面を向けた特殊凸メニスカスレンズである。そしてその入射側の面が特殊なトーリック面を構成する。

この特殊なトーリック面は以下の如き特徴を持っている。即ち、この特殊トーリック面を副走査方向から見ると、その形状は特殊トーリック面の稜線51Aにより与えられるが、この稜線の形状は非球面の一般式により表される。従って、この形状は特殊な場合として円形状を含んでいる。

特殊トーリック面は、上記稜線51Aで与えられる形状を回転軸RXの回りに回転して得られる形状を有する。

のレンズで構成しても良い。なお、第2レンズ群における上記特殊トーリック面以外のレンズ面は、その1面以上を非球面で形成しても良い。

請求項2の光走査装置は、上記請求項1の光走査装置の特徴に加えてさらに次の特徴を有する。即ち、特殊トーリック面を副走査方向から見た形状に於ける光軸上の曲率半径をR、第2レンズ群の焦点距離をfとすると、これらが

$$0.3 < |R/f| < 1.0$$

なる条件を満たすことである。

(作 用)

本発明は、請求項1、2の発明を通じて以下の如き特徴を主として有する。

第1は、第2レンズ群における偏向装置側の結像レンズが特殊凸メニスカスレンズであること、第2は、上記特殊凸メニスカスレンズの像面湾曲補正面である特殊トーリック面が第2レンズ群中で最も偏向装置側に配されていることである。また、請求項2の発明では上述の特徴に加えて特殊トーリック面が上述の条件 $0.3 < |R/f| < 1.0$

回転軸RXは光軸に直交し、主走査方向に平行であって、且つ特殊トーリック面よりも走査面側、即ち第2図で右側にある。この結果、像面湾曲補正レンズ51を光軸、副走査方向の双方に平行な平面で切断すると特殊トーリック面の切り口の形状は円弧状となり、この円弧に基づく円(図中に破線にて示す)の半径は光軸上で最も小さく、光軸から主走査方向へ離れるに従って大きくなる。

かくして、特殊トーリック面は幾何光学的には、主走査方向には負の曲率半径を持ち、副走査方向には正の曲率半径を持つ。そして副走査方向のパワーは光軸を主走査方向に離れるに従い減少する。従って、第2レンズ群全体としての副走査方向の像面湾曲の補正が可能となる。

また、特殊凸メニスカスレンズ51の走査面側の面は球面もしくは軸対称の非球面とすることができ、特殊凸メニスカスレンズ51は従って主走査方向に関しては凸メニスカスレンズであり副走査方向に関しては主走査方向の位置に応じてパワーの異なる特殊な凸レンズである。尚、後述する具体

的な実施例では、上記特殊凸メニスカスレンズ51の走査面側の面は非球面で形成されているが、この非球面は結像レンズ52の何れかの面に設けることによって、上記レンズ51の走査面側のそれに代替することもできる。

しかし、実施例のように特殊凸メニスカスレンズ51の走査面側の面を非球面にすれば前述の特殊トーリック面と合わせてレンズ面の非球面に関する条件を、特殊凸メニスカスレンズ51に集約できるので、結像レンズ52の何れかの面を非球面とする場合に比較して、走査光学系の光軸調整が容易となり光学特性の安定化を図ることができる。

次に、像面湾曲補正を行うためのかかる特殊トーリック面を、第2レンズ群中の最も偏向装置よりに配する意義に付いて説明する。

第9図を参照すると、この図は第6図の光走査装置の光学系を光路に沿って展開して示した図である。

良好な光走査が行われるためには、前述の如く走査光のスポット形状が主・副走査方向で安定し

ている必要があるが、このスポット形状としては、円形状もしくはこれに近い形状であることが望ましい。スポットがビームウエストにより形成されることを考えると、略円形のスポット形状の実現には走査面7へ集光する光束の集束傾向が主走査・副走査方向で互いに略等しいこと、換言すれば集束光束に対する第2レンズ群の射出瞳径NAが主・副走査方向で互いに略等しいことが必要である。

第9図に於いて、シリンドリカルレンズ3、6は主走査方向にパワーを持たないため、主走査方向に対しては、半導体レーザー1と走査面7とが実線の如き状態で結像関係となるのに対して、副走査方向に関しては、シリンドリカルレンズ3、6のパワーのため半導体レーザー1と走査面7とを結び付ける結像光束は、上記の如く主・副走査方向のNAを等しくすると、斜線を施した光束部分の様になり、主・副走査方向のNAを等しくするという条件を満たそうとすれば、副走査方向の光束はこれを第9図の斜線部の如くに絞り込む必要が

あり、これが光の利用効率を低下させてしまう。

この事態を回避して光の利用効率をあげるには、シリンドリカルレンズ3の焦点距離を第2レンズ群の焦点距離と同程度に大きくすれば良いが、これを実行すると光走査装置の大型化を招来してしまう。

第5図は、本発明の光走査装置を光路に沿って展開して示している。この図で符号50は第2レンズ群を単レンズとしてまとめて示している。

本発明では、第2レンズ群のアナモフィックな性質が特殊凸メニスカスレンズにより実現され、しかもこの特殊凸メニスカスレンズが偏向装置側に他の結像レンズと近接して置かれ、さらに特殊トーリック面が偏向装置4に最も近接しているのので、第2レンズ群の副走査方向に於ける物体側の焦点距離をシリンドリカルレンズ3の焦点距離と略等しくすることか容易に実現できて、第2レンズ群の射出瞳径NAを図の如く主・副走査方向で互いに略等しくしつつも、光の利用効率を主・副走査方向ととも略等しくすることができ、従来のも

のに比して光の利用効率を大幅に改良することが可能となり、しかも光走査装置の大型化を招来することがない。

次に、請求項2の発明に係る、上記条件

$$0.3 < |R/f| < 1.0$$

に付いて説明する。

この条件に於いてRは前述の通り特殊トーリック面を副走査方向から見た形状に於ける光軸上の曲率半径、fは第2レンズ群の焦点距離である。

この条件は副走査方向の像面湾曲補正の実用的な範囲を定めるものであり、この条件の下限を越えると像面湾曲の補正が過剰となり、像面湾曲が正の方向に増大する。また、上限を越えると像面湾曲の補正が十分にはなされない。従って、この条件の範囲が実用的である。

また、第2レンズ群に於ける走査面側の結像レンズを単レンズで構成する場合、その入射側のレンズ面の光軸上の曲率半径を $r_2$ 、射出側のレンズ面の光軸上の曲率半径を $r_1$ とすると、これらは

$$1.0 < |r_1/f| < 2.0$$

なる条件を満足するのが望ましい。

この条件は、 $f$   $\theta$  特性と像面湾曲に関するものであって、下限を越えると負の歪みが著しく減少し  $f$   $\theta$  特性として十分なものが得られなくなる。また、上限を越えると負の歪みが著しく増大し、やはり十分な  $f$   $\theta$  特性を得られず、像面もマイナス側に湾曲し実用的でない。従って、上記の条件の充足が実用上からして望ましい。

#### [実施例]

以下、具体的な実施例を2例挙げる。

各実施例を実現する上で、光源及び第1レンズ群としては、平行光束を放射する公知の光源装置と正のパワーを持つシリンドリカルレンズとを組合せたもの、例えば前述の特公昭52-2866号公報記載のもの等を用いることができる。

以下に挙げる実施例では、特徴部分を構成する第2レンズ群のみのデータを挙げる。

各実施例とも、第1図に示すように第2レンズ群は、結像レンズ51,52により構成されている。

第1図に示すように、各面の曲率半径を偏向装

上に於ける副走査方向の曲率半径が上記  $r_{1,x}=28.370$  である。

また結像レンズ51の射出側レンズ面(\*印を付けた面)は非球面であり、

公知の非球面の一般式を

$$X = \left\{ \left( \frac{1}{r} \right)^2 Y^2 \right\} / \left[ 1 + \sqrt{1 - (1+k) \left( \frac{1}{r} \right)^2} \right] \\ + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10}$$

とするとき、円錐定数  $k$ 、高次の非球面係数  $A, B, C, D$  は以下の値を取る。

$$k = -2.14921 \cdot 10^{-1}$$

$$A = -1.50645 \cdot 10^{-8}, B = 1.83680 \cdot 10^{-11}$$

$$C = -6.36010 \cdot 10^{-15}, D = 5.97836 \cdot 10^{-18}$$

実施例1に関する収差図を第3図に示す。

#### 実施例2

i	$r_{i,x,y}$	$d_i$	j	$n_j$	材質
0	$\infty$	44.44			
1 <sub>x</sub>	-90.500	12.00	1	1.486	アクリル
1 <sub>y</sub>	28.370				
2*	-69.200	1.00			
3	294.027	15.00	2	1.486	アクリル

図4の側から  $r_{0,x}, r_{1,x}, r_{1,y}, r_{2,x}, r_{2,y}, r_{3,x}, r_{3,y}$ 、面間隔を  $d_0, d_1 \sim d_4$  とする。曲率半径に於ける添字の  $X$  は主走査方向に関するものであることを、 $Y$  は副走査方向に関するものであることを示す。

また各実施例に於いて  $j=1$  は像面湾曲補正レンズ、 $j=2$  は結像レンズを表し、 $n_j$  はこれらレンズの材質の屈折率を示す。

#### 実施例1

i	$r_{i,x,y}$	$d_i$	j	$n_j$	材質
0	$\infty$	44.44			
1 <sub>x</sub>	-90.500	12.00	1	1.486	アクリル
1 <sub>y</sub>	28.370				
2*	-69.200	1.00			
3	265.000	15.00	2	1.486	アクリル
4	-288.610	180.433			

$$R/f = r_{1,x}/f = -0.5027, r_{4,x}/f = -1.34756, f = 180.00$$

この実施例に於いて、特殊トーリック面の主走査方向の形状即ち、特殊トーリック面を副走査方向から見た状態での形状は曲率半径  $r_{1,x} = -90.500$  の円弧形状であり、この特殊トーリック面の光軸

4	-242.561	176.465			
---	----------	---------	--	--	--

$$R/f = r_{1,x}/f = -0.5027, r_{4,x}/f = -1.34756, f = 180.00$$

この実施例に於いて、特殊トーリック面の主走査方向の形状即ち、特殊トーリック面を副走査方向から見た状態での形状は上記非球面の一般式で表される形状であり、この特殊トーリック面の光軸上に於ける副走査方向の曲率半径が上記  $r_{1,y} = 28.370$  である。

また特殊凸メニスカスレンズ51の射出側レンズ面(\*印を付けた面)も非球面である。

これらの非球面形状を規定する上記  $K, A, B, C, D$  は以下の通りである。

特殊トーリック面の主走査方向の形状

$$k = -8.33806 \cdot 10^{-1}$$

$$A = 6.27800 \cdot 10^{-8}, B = 7.11586 \cdot 10^{-11}$$

特殊凸メニスカスレンズの射出側レンズ面

$$k = -2.90892 \cdot 10^{-1}$$

$$A = 1.57882 \cdot 10^{-8}, B = 6.95998 \cdot 10^{-11}$$

$$C = 1.51338 \cdot 10^{-15}, D = 5.60359 \cdot 10^{-18}$$

実施例2に関する収差図を第4図に示す。

(発明の効果)

以上、本発明によれば新規な光走査装置を提供できる。この光走査装置では、第2レンズ群が像面湾曲補正面を有し、この像面湾曲補正面で副走査方向の像面湾曲を補正するので、走査面上のスポット形状の変動を有効に軽減ないし防止でき、従って400~800dpiという高分解能の光走査にも対応することができる。

また、偏向装置に最近接させて像面湾曲補正面を配するので、第2レンズ群を小型化でき、また光走査装置の大型化を招来することなく、光利用効率を著しく向上させることができる。

なお、上記実施例1、2の様に特殊トーリック面以外のレンズ面に関し、非球面を特殊凸メニスカスレンズの射出側レンズ面に採用したことにより、結像レンズ52を単玉球面レンズ化でき第2レンズ群のアライメントの簡単化を図ることが出来た。

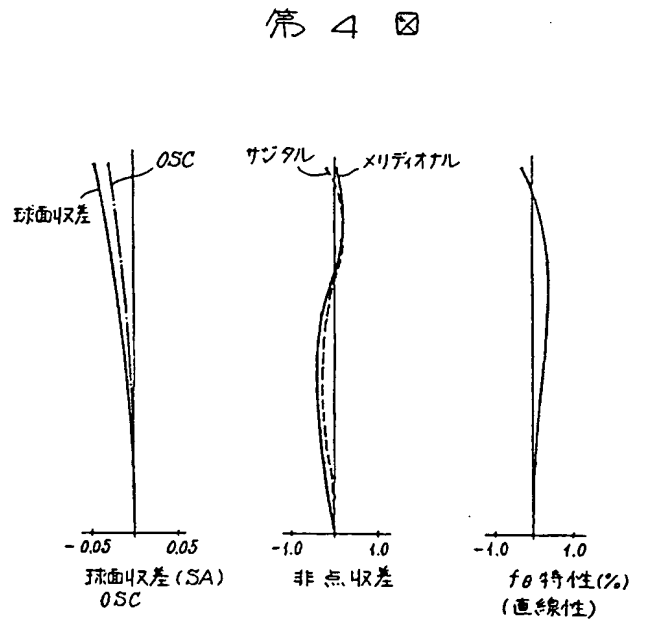
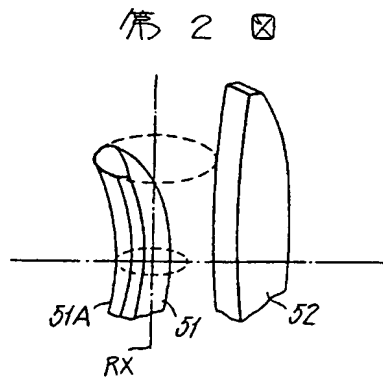
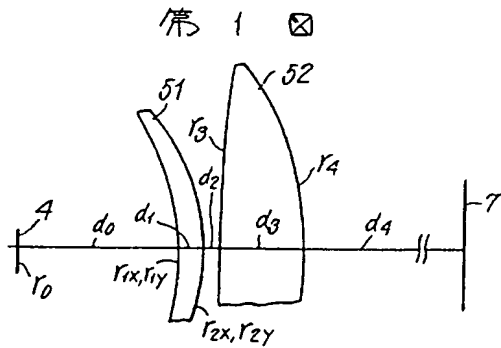
図面の簡単な説明

第1図は、本発明の特徴部分のレンズ構成を説

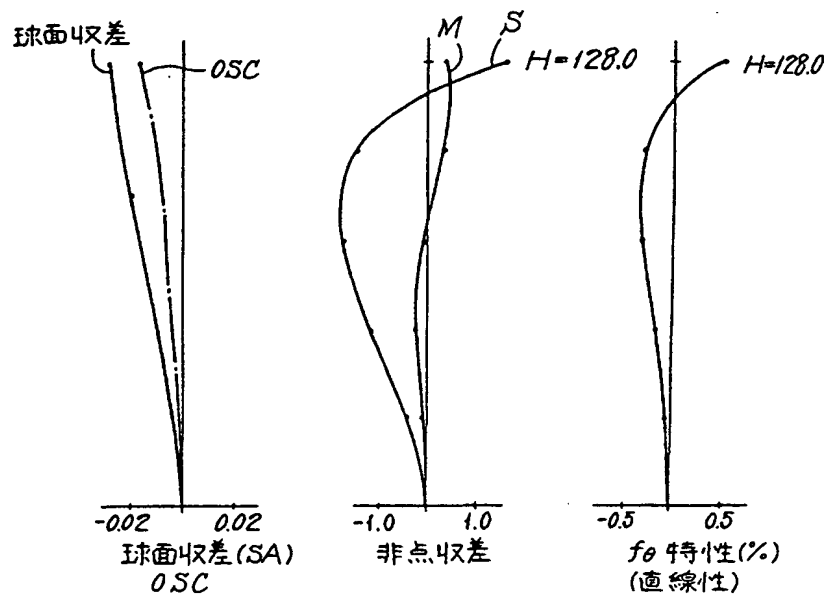
明するための図、第2図は、上記特徴部分を説明するための図、第3図および第4図は、実施例に関連した収差図、第5図は、本発明の効果を説明するための図、第6図乃至第9図は、従来技術とその問題点を説明するための図である。

11...線像、3...シリンドリカルレンズ、52...結像レンズ、51...特殊凸メニスカスレンズ

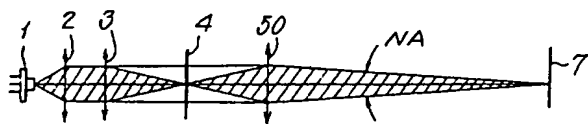
出願人 (223)株式会社三協精機製作所



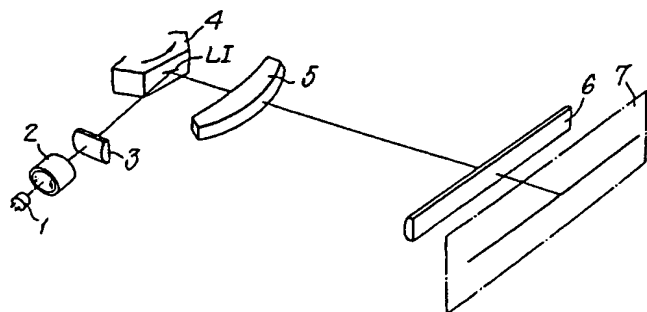
第 3 図



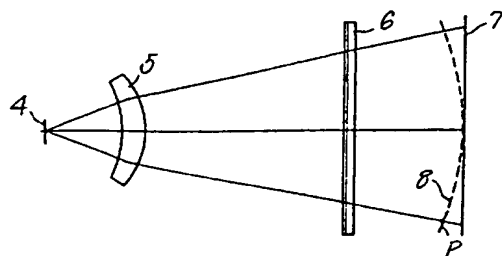
第 5 図



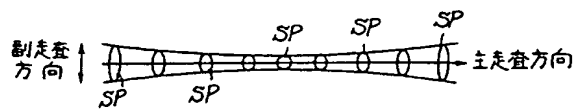
第 6 図



第 7 図



第 8 図



第 9 図

